



ZASTOSOWANIE OBLICZEŃ MODELOWYCH PROGRAMU „SAVEC” DLA PRZECHODZENIA ^{137}Cs Z GLEBY DO ŻYWNOSCI KONSUMOWANEJ PRZEZ LUDNOŚĆ POLSKI

Paweł Krajewski

Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej, Warszawa

Abstract

SAVEC APPLICATION FOR ^{137}Cs TRANSFER FROM SOIL TO FOOD PRODUCTS CONSUMED BY POLISH POPULATION

During the 3-years period of the project a modelling approach to predict geographical variation in radionuclide behaviour and identify areas that are particularly vulnerable to radioactive contamination has been developed in the Institute of Terrestrial Ecology and Institute of Environmental Science, University of Nottingham (UK). The SAVEC-IT software system has been successfully modified for application in the Poland, Czech Republic and Hungary, with input spatial databases of soil properties, land cover, agricultural production and diets from national data sets. Two examples of the model application are presented: for determination of areas in Poland of elevated radiocesium ^{137}Cs fluxes and for identifying potential critical groups in Poland based on dietary preferences and consumption data. Overall, the project demonstrated the usefulness of the SAVEC-IT system in allowing improved estimates of both individual and collective doses by incorporation of spatial variation in radiocaesium transfer.

1. MATERIAŁ I METODY

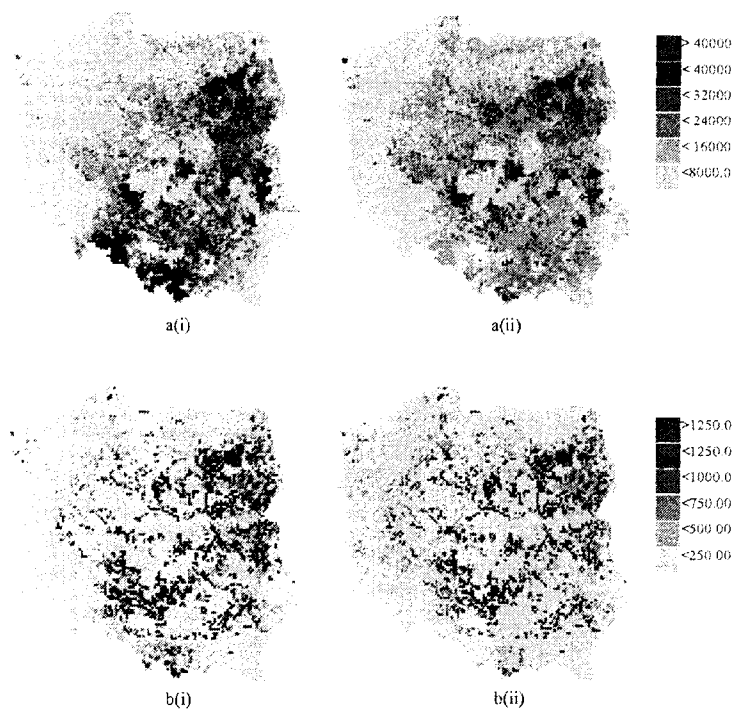
Regiony o podwyższonym ryzyku narażenia populacji, charakteryzują się między innymi dużym strumieniem aktywności cezu promieniotwórczego ^{137}Cs dochodzącego do człowieka, a powstają w wyniku zróżnicowanej dynamiki transportu tego radionuklidu poprzez łańcuchy pokarmowe (gleba-roślina-zwierzę-człowiek) [1]. Identyfikację tych regionów przeprowadzono przy użyciu dynamicznych modeli zachowania się tego radionuklidu w środowisku, wspomaganych przestrzenną bazą danych parametrów wejściowych. Posłużono się metodą rastrowej struktury bazy danych, polegającą na podziale zdefiniowanego obszaru (np. danego kraju lub regionu) jednorodną siatką geograficzną komórek informacyjnych i przyporządkowaniu każdej komórce właściwego zbioru parametrów [2]. W przypadku obszaru Polski, baza tego typu wynosiła około 60 000 komórek o rozdzielczości 5×5 km. Utworzono ją poprzez konwersję rastrową szeregu dostępnych map i baz danych. Stężenie ^{137}Cs w glebie (warstwie 1-10 cm) określono na podstawie Mapy Radiologicznej Polski sporządzonej w Centralnym Laboratorium Ochrony Radiologicznej (CLOR) [3]. Bazę parametrów fizykochemicznych gleby (decydują o szybkości pobierania cezu przez korzenie roślin), tzn. zawartość ilu koloidalnego, zawartość wymie-

nialnego potasu K^+ , kwasowość hydrolityczną pH oraz zawartość substancji organicznej utworzono na podstawie Mapy Gleb Polski (według klasyfikacji FAO/UNESCO w skali 1:1 mln) sporządzonej w Laboratorium Teledetekcji i Systemów Informacji Przestrzennej Pracowni Politechniki Warszawskiej oraz na podstawie badań własnych [4]. Mapy rastrowe wykorzystania gruntu i produkcji rolniczej opracowano na podstawie satelitarnych map Global Land Cover Classification z United States Geological Survey (o rozdzielczości 1×1 km) oraz publikacji GUS o wykorzystaniu gruntów i produkcji rolniczej w Polsce w latach 1996-1998 i opracowania SAGRA „Nowy podział Administracyjny POLSKA 1999” [5]. Dla każdej 5×5 km komórki informacyjnej bazy rastrowej, określano wielkość produkcji poszczególnych produktów rolniczych, jako średnią ważoną wielkości produkcji charakterystycznej dla danego powiatu z wagą procentową użytkowania gruntu w danej komórce rastru. Określono strumień aktywności (radioactive flux) ^{137}Cs jako roczną „podaż” radionuklidu z komórek mapy rastrowej [$\text{Bq komórka}^{-1} \text{rok}^{-1}$] w wyniku wytwarzania danego produktu żywnościowego. Strumień ten można wyrazić przez iloczyn przewidywanego stężenia radionuklidu w produkcie [Bq kg^{-1}] przez wielkość produkcji w komórce [$\text{kg komórka}^{-1} \text{rok}^{-1}$]. Strumień charakteryzujący określony region geograficzny jest sumą strumieni z poszczególnych komórek zawartych w tym regionie. W przypadku produktu wytwarzanego w skali rocznej (np. zboża czy ziemniaków), produkcję roczną mnoży się przez stężenie radionuklidu przewidywane na okres zbioru. W przypadku ciągłej produkcji (np. mleka), strumień aktywności obliczony jest jako iloczyn scałkowanego w przedziale roku stężenia radionuklidu w tym produkcie i scałkowanej rocznej produkcji.

Przestrzenne bazy danych zostały dodatkowo uzupełnione przez elektroniczną bazę danych o spożyciu podstawowych produktów żywnościowych w Polsce w latach 1996-1998 w rozbiciu na makroregiony oraz województwa dla różnych grup socjalnych. Przeprowadzono analizę wielkości wniknięcia promieniotwórczego cezu ^{137}Cs w wyniku spożywania skażonych artykułów żywnościowych, biorąc pod uwagę różnice w wielkości spożycia poszczególnych produktów przez różne grupy społeczne w różnych regionach kraju, zgodnie z metodyką programu SAVEC [6, 7]. Obliczenia przeprowadzono w oparciu o dane GUS „Budżety gospodarstw domowych w Polsce 1996-1998” oraz wyniki pomiarów skażeń promieniotwórczych prowadzonych nieprzerwanie od 1980 roku przez sieć placówek Służby Pomiarów Skażeń Promieniotwórczych w CLOR.

2. WYNIKI

Obliczenia rocznego strumienia aktywności ^{137}Cs wykonano dla dwóch scenariuszy skażenia gleby promieniotwórczym ^{137}Cs : scenariusz (i) – „Czarnobyl” – niejednorodny przestrzenny rozkład skażeń gleby występujący w Polsce 29 kwietnia 1986 roku po awarii w Czarnobylu, scenariusz (ii) „jednorodny opad” – wystąpienie 29 kwietnia 1986 roku jednorodnego skażenia gleby na terenie całej Polski o wysokości $2,4 \text{ kBq m}^{-2}$. Przykładowe wyniki obliczeń strumieni ^{137}Cs powstających w wyniku produkcji mleka pokazuje rysunek.



Rys. Przewidywany strumień ^{137}Cs w wyniku produkcji mleka w Polsce [$\text{Bq komórka}^{-1} \text{ rok}^{-1}$]: (a) $t=1$ rok i (b) $t=10$ lat dla scenariusza (i) „Czarnobyl”, (ii) „jednorodne skażenie”.

Na przedstawionych mapach ciemnym kolorem zaznaczono obszary o podwyższonych wartościach strumienia ^{137}Cs . W scenariuszu „Czarnobyl” o zróżnicowaniu przestrzennym wielkości strumienia cezu promieniotwórczego decydują cztery multiplikatywne czynniki: wielkość skażenia gleby spowodowanego opadem promieniotwórczym, właściwości gleby zwiększające

pobór cezu przez korzenie roślin pastewnych, wielkość produkcji mleka na danym obszarze oraz regionalna dieta krów. W scenariuszu „skażenie jednorodne” czynnik niejednorodnych przestrzennie skażeń jest wyeliminowany, natomiast można zaobserwować obszary o podwyższonej „wrażliwości” na skażenia ^{137}Cs przy niekontrolowanym uwolnieniu substancji promieniotwórczych do środowiska. Na tych obszarach właściwości gleby oraz specyfika hodowli krów będą przyczyną zwiększonego ryzyka populacji na wchłonięcia ^{137}Cs . Są to regiony w województwach podlaskim i mazowieckim oraz częściowo w świętokrzyskim i łódzkim. Zaobserwować można również około 30-krotny spadek strumienia ^{137}Cs po 10 latach od wystąpienia opadu promieniotwórczego. Spadek ten spowodowany jest przez dwa procesy: szybkie (14 dni) usuwanie cezu z powierzchni roślin oraz powolne (10 lat) wiązanie się cezu w glebie. Wielkość strumieni ^{137}Cs w zależności od całkowitej produkcji rolniczej w danym województwie przedstawia tabela 1.

Tabela 1. Przewidywane strumienie cezu promieniotwórczego ^{137}Cs w wyniku produkcji rolniczej dla poszczególnych województw w Polsce: I – grudzień 1986 roku, II – grudzień 1987 roku.

Województwo	Roczny strumień cezu promieniotwórczego [GBq rok ⁻¹]			
	„Czarnobyl”		„skażenie jednorodne”	
	I	II	I	II
Dolnośląskie	11,8	0,9	13,9	1,1
Kujawsko-Pomorskie	13,1	1,7	19,5	2,5
Lubelskie	33,6	4,0	28,3	3,1
Lubuskie	2,8	0,3	5,7	0,6
Łódzkie	21,5	2,7	25,6	3,2
Małopolskie	21,2	1,9	12,8	1,1
Mazowieckie	47,6	5,1	43,1	4,8
Opolskie	25,4	2,4	9,5	0,9

Z przeprowadzonych analiz wynika, że typowo rolnicze województwa mazowieckie i lubelskie charakteryzują się największymi strumieniami cezu promieniotwórczego w porównaniu z województwami przemysłowymi (np. śląskim i opolskim).

Sumaryczne wnikięcia ^{137}Cs w latach 1987-1998 dla mieszkańca różnych makroregionów Polski w rozbiciu na różne grupy społeczne przedstawia tabela 2 (wg klasyfikacji GUS). Ze względu na intensywną wymianę towarową pomiędzy regionami, w obliczeniach założono jednorodny rozkład skażeń poszczególnych produktów dla wszystkich regionów w Polsce.

To uproszczenie powoduje, że obliczone wartości podaży oddają raczej zróżnicowanie wielkości spożycia niż rzeczywiste narażenie od wchłonięć promieniotwórczego cezu. Jednak grupy ludności Polski o szczególnie wysokim wskaźniku spożycia mleka i produktów mlecznych oraz produktów zbożowych, w porównaniu z grupami o diecie z przewagą warzyw i owoców, mogą wykazywać zwiększone wchłonięcia ^{137}Cs . Szczególnie dotyczy to grup emerytów i rencistów regionów stołecznego i południowo-zachodniego oraz grupy ludności częściowo zatrudnionych i pracujących w rolnictwie rejonów stołecznego i północno-zachodniego.

Tabela 2. Obliczone wielkości wchłonięć ^{137}Cs dla mieszkańca różnych makroregionów Polski w latach 1987-1998 w rozbięciu na grupy socjalne (wg klasyfikacji GUS), [kBq].

Makro region	Gospodarstwa						
	pracowników	użytkujących gospodarstwa rolne	rolników	utrzymujących się z niezarobkowych źródeł	emerytów	rencistów	pracujących na własny rachunek
Stołeczny	7,5	11,6	12,5	12,0	9,8	12,4	7,4
Środkowy	7,4	9,2	10,0	9,9	9,2	9,5	9,6
Środkowo-Wsch.	7,3	8,7	7,6	7,7	10,1	10,1	7,2
Środkowo-Zach.	7,4	8,7	9,9	4,9	9,1	9,3	7,5
Północny	7,4	6,9	8,3	7,5	7,3	9,3	7,9
Północno-Wsch.	7,9	10,1	10,9	7,7	10,4	10,7	8,4
Północno-Zach.	10,0	10,9	10,7	4,9	11,9	9,9	7,6
Południowy	7,3	8,6	7,9	4,8	9,4	9,2	7,4
Południowo-Wsch.	7,2	8,7	7,6	7,7	9,7	9,6	7,2
Południowo-Zach.	7,6	8,9	10,4	7,5	9,5	12,8	7,7

3. PODSUMOWANIE

Metodyka badawcza programu SAVEC została zastosowana dla trzech krajów Europy Centralnej: Polski, Czech i Węgier dla określenia obszarów o podwyższonym ryzyku narażenia populacji na skażenia promieniotwórcze. Program SAVEC dostarczył instytucjom zajmujących się statutowo oceną narażenia radiologicznego, odpowiedniego systemu programów (na bazie PC) jako narzędzi wspomagających decyzje w przypadku uwolnień radionuklidów do środowiska. System ten umożliwił szybką ocenę stopnia narażenia populacji od skażeń promieniotwórczym cezem, z uwzględnieniem czasowych i przestrzennych różnic między poszczególnymi regionami kraju oraz selekcję „krytycznych” produktów spożywczych. Identyfikacja powyższych obszarów jest ważna przy ustalaniu zakresu akcji interwencyjnych na wypadek awarii obiektu

jądrowego i niekontrolowanego uwolnienia substancji promieniotwórczych do środowiska.

Projekt Inco-Copernicus EU Contract No. ERB IC15-CT98-020.

LITERATURA

- [1]. Spatial Analysis of Vulnerable Ecosystems in Europe: Spatial and dynamic prediction of radiocaesium fluxes into European foods (SAVEC). Ed. B.J. Howard, S.M. Wright, C.L. Barnett. Final report to the Commission of the European Communities. 1999.
- [2]. Gillett A.G., Crout N.M.J., Absalom J.P., Wright S.M., Young S.D., Howard B.J., Barnett C.L., McGrath S.P., Beresford N.A., Voigt G.: Temporal and spatial prediction of radiocaesium transfer to food products. *Radiat. Environ. Biophys.*, **40**, 3, 227-235 (2001).
- [3]. Jagielak J., Biernacka M., Henschke J., Sosińska A.: Radiation Atlas of Poland, 1997. Environmental Monitoring Books, 1998, 45 s.
- [4]. Krajewski P., Rosiak L.: Przechodzenie ^{137}Cs do roślin w zależności od wielkości potencjału wychwyty tego radionuklidu w różnych typach gleb w Polsce. *Postępy Techniki Jądrowej*, **44**, 3, 32-50 (2001).
- [5]. Wright S.M., Gillett A.G., Creamer R.C., Crout N.M.J., Krajewski P., Malatova I., Mirchi R., Kanyár B., Nenyey A., Howard B.J.: Development of critical loads maps for radiocaesium for Czech Republic, Hungary and Poland. Contract deliverable to European Commission DG XII, EU contract number: ERB IC15-CT98-0206, 1999, 33 s.
- [6]. Spatial Analysis of Vulnerable Ecosystems in Europe: Spatial and dynamic prediction of radiocaesium fluxes into European foods (SAVEC). Project deliverable: Food consumption patterns across western European countries: national and regional variations. Ed. J.M. Gil, A. Gracia, L. Skuterud, P. Strand, B.J. Howard. EC contract F14P-CT95-0015, Commission of the European Communities, 1998, 160 s.
- [7]. Liland A., Malatova I., Kanyar B., Krajewski P., Sanchez A., Bourghus S., Foltanova S., Mirchi R., Tarjan S., Varga B.: Spatial Variation of Estimated ^{137}Cs Intakes in Poland, Hungary and Czech Republic after the Chernobyl Accident and Comparison with the Whole Body Experiments. Proceedings of IRPA Regional Congress on Radiation Protection in Central Europe (CD-form issued), Dubrovnik, 20-25.05.2001, s. 123-125.

**X. AKWIZYCJA I PRZETWARZANIE DANYCH
POMIAROWYCH**
